



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP.HCM
KHOA CÔNG NGHỆ CƠ KHÍ

KS. NGUYỄN THỊ ẨM

Giáo trình
CƠ LÝ THUYẾT

(DÙNG CHO HỆ CAO ĐẲNG)



LƯU HÀNH NỘI BỘ
2009

LỜI NÓI ĐẦU

Cơ lý thuyết là môn khoa học cơ sở quan trọng trong việc đào tạo cán bộ chuyên ngành kỹ thuật trong các trường cao đẳng và đại học. Nó không những cung cấp những kiến thức nền tảng cho các môn kỹ thuật cơ sở và kỹ thuật chuyên ngành mà còn xây dựng khả năng tư duy khoa học cho sinh viên, những cán bộ khoa học kỹ thuật tương lai.

Giáo trình được biên soạn trên cơ sở chương trình đào tạo các Cử nhân cao đẳng chuyên ngành cơ khí của trường Đại học Công nghiệp TP HCM, dùng làm tài liệu giảng dạy và học tập cho sinh viên hệ cao đẳng thuộc các ngành kỹ thuật có liên quan.

Giáo trình này gồm 10 chương:

- Phần Tĩnh học : Chương 1, 2, 3, 4.
- Phần Động học : Chương 5, 6, 7, 8.
- Phần Động lực học : Chương 9, 10.

Trong mỗi chương đều có nhiều ví dụ cho từng vấn đề và cuối chương có bài tập với đáp số kèm theo từ dễ đến khó để sinh viên dễ dàng học tập và rèn luyện kỹ năng tính toán của

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Khoa Cơ khí trường Đại học Công nghiệp TP.HCM và các đồng nghiệp đã động viên và góp ý trong quá trình biên soạn tập bài giảng này.

Giáo trình chắc chắn không tránh khỏi các thiếu sót. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp và độc giả.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

~~BỘ MÔN CƠ SỞ THIẾT KẾ MÁY~~

Lưu hành nội bộ ☐
(Có chỉnh sửa và bổ sung hằng năm)

PHẦN I

TÍNH HỌC

CHƯƠNG 1

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ HỆ TIỀN ĐỀ TĨNH HỌC

Mục đích:

Trong tĩnh học đối tượng khảo sát là một vật rắn chịu lực và vấn đề cần giải quyết là: *Tim điều kiện mà hệ lực tác dụng phải thỏa mãn để cho vật cân bằng.*

Nói chung, trước một hệ lực tổng quát nào đó, việc nhìn nhận ngay được điều kiện cân bằng không phải là đơn giản và điều quan trọng là mọi kết luận phải có cơ sở vững chắc; do đó để giải quyết, phương pháp của chúng ta là tiến hành tuần tự, chắc chắn theo hai bước:

- 1) Thu hệ lực về một hệ lực đơn giản.
- 2) Tìm điều kiện cân bằng.

Cân bằng vật rắn có một tầm quan trọng đặc biệt, không những chỉ phục vụ cho Tĩnh học mà còn vận dụng trong suốt giáo trình cơ học.

Để thực hiện các vấn đề đã nêu, chúng ta cần hiểu rõ đối tượng nghiên cứu (lực, vật rắn, vật rắn cân bằng) cũng như những nguyên tắc cần tuân theo. Chương này có mục đích giải quyết các vấn đề đó, nghĩa là đặt cơ sở về lý thuyết cho Tĩnh học.

Yêu cầu:

- 1) Thấy rõ nội dung và phương pháp nghiên cứu của Tĩnh học. Nắm chắc các tiên đề, hệ quả; tác dụng của chúng.
- 2) Hiểu sâu bản chất và việc xác định lực. Đặt thành thạo phản lực liên kết trong các trường hợp.

1.1. Các khái niệm cơ bản

1.1.1. Vật rắn tuyệt đối

Vật rắn tuyệt đối là vật mà khoảng cách giữa hai điểm bất kỳ của nó luôn không đổi dưới tác dụng của lực. Nói một cách khác, nó không bị biến dạng dưới tác dụng của lực.

Trong thực tế không có vật tuyệt đối rắn. Dưới tác dụng của lực lớn, thanh treo phải dãn, dầm ngang phải cong. Nhưng, trong hầu hết các trường hợp, biến dạng thường rất nhỏ, ta có thể bỏ qua để nghiên cứu hiện tượng đơn giản hơn.

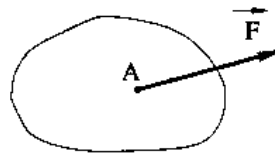
Tĩnh học chỉ xét vật rắn tuyệt đối, còn vật biến dạng là đối tượng nghiên cứu của môn sức bền vật liệu.

1.1.2. Lực

Lực là đại lượng biểu thị tác dụng cơ học của vật thể này lên vật thể khác.

Thực nghiệm chứng tỏ rằng lực có ba yếu tố:

- Điểm đặt
- Phương, chiều
- Trị số



Hình 1-1

Để xác định một lực cần biết được 3 yếu tố đó. Nói chung, khi đặt thay đổi thì tác dụng của lực sẽ thay đổi. Phương, chiều của lực biểu thị xu hướng chuyển động mà lực gây cho vật. Trị số của lực biểu thị độ lớn của lực so với lực nhận làm đơn vị.

Đơn vị lực thường dùng là Niuton (N), bội số của Niuton là Kiloniuton ($1\text{kN} = 10^3\text{N}$); Meganiton ($1\text{MN} = 10^6\text{N}$).

Lực được biểu diễn bằng một véc tơ (Hình 1-1).

1.1.3. Trạng thái cân bằng

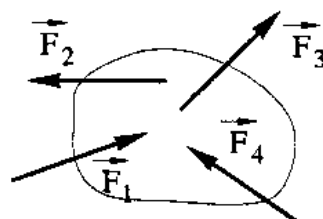
Trạng thái cân bằng là trạng thái mà vật đứng yên đối với hệ qui chiếu đã chọn. Nếu vật đứng yên so với hệ qui chiếu cố định thì cân bằng ấy là tuyệt đối. Còn nếu vật đứng yên so với hệ qui chiếu động thì đó là cân bằng tương đối. Trong tĩnh học chúng ta chỉ xét đến sự cân bằng tuyệt đối, các vật thể đứng yên so với quả đất là cân bằng tuyệt đối.

1.1.4. Một số định nghĩa khác

a) **Hệ lực** : Là tập hợp của nhiều lực cùng tác dụng lên một vật rắn (Hình 1-2),

ký hiệu là $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$.

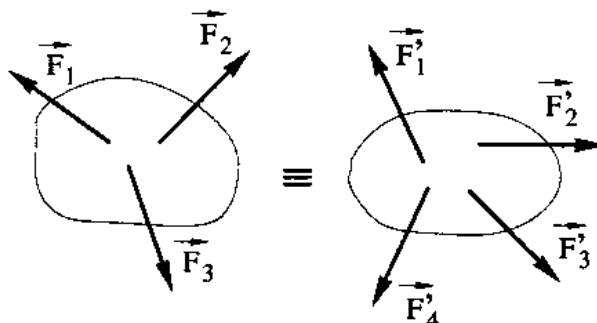
Hình 1-2



b) **Hệ lực tương đương** :

Là hai hệ lực có cùng tác dụng cơ học như nhau. Ký hiệu hai hệ lực tương đương là: $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \equiv (\vec{F}'_1, \vec{F}'_2, \dots, \vec{F}'_n)$ hay $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim (\vec{F}'_1, \vec{F}'_2, \dots, \vec{F}'_n)$ (Hình 1-3)

Hình 1-3

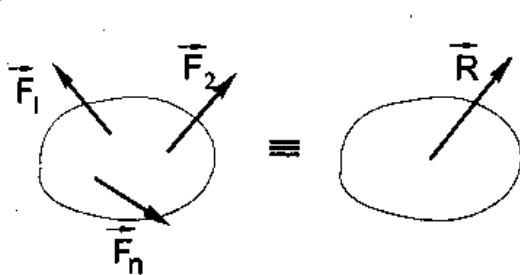


c) **Hợp lực của hệ lực** : Là một lực duy nhất tương đương với cả hệ lực (Hình 1-4)

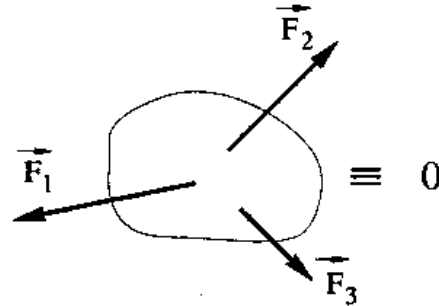
Gọi $\vec{R}$ là hợp lực của hệ lực $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ ta có thể viết: $\vec{R} \equiv (\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$

d) **Hệ lực cân bằng**: Là hệ lực có tác dụng làm cho vật rắn cân bằng (Hình 1-5). Ký

hiệu hệ lực cân bằng là $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \equiv 0$ hay $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \sim 0$



Hình 1-4



Hình 1-5

e) **Mômen của lực đối với một điểm và mômen của lực đối với một trục**

* **Mômen của lực đối với một điểm**

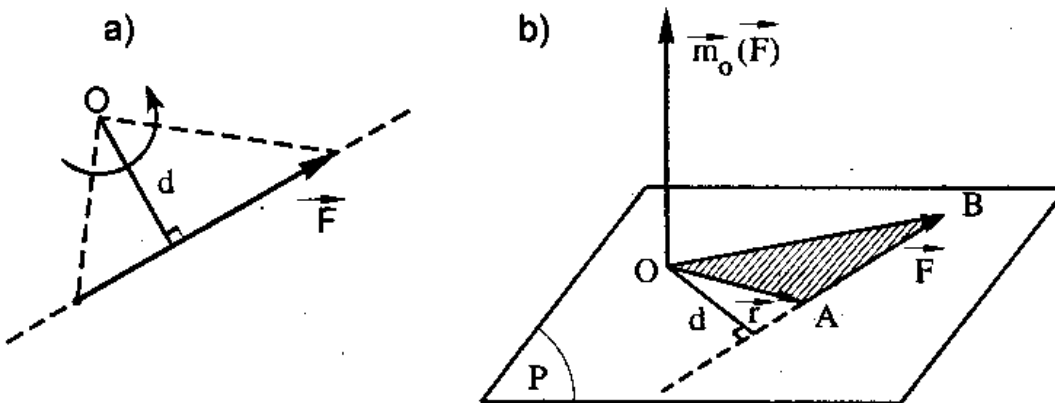
Mômen của lực $\vec{F}$ đối với điểm O là một vector đặt tại O ký hiệu là $\vec{m}_O(\vec{F})$.

- Có phương vuông góc với mặt phẳng chứa điểm O và lực $\vec{F}$
- Có chiều sao cho khi nhìn từ đầu mút của vec tơ thấy lực quay quanh O theo chiều ngược kim đồng hồ.

- Có mômen đại số: $\overline{m}_O(\vec{F}) = \pm F \cdot d$ (1-1)

trong đó: d - cánh tay đòn (Hình 1-6 b).

Quy ước mômen được lấy dấu (+) nếu lực $\vec{F}$ quay quanh O theo chiều ngược kim đồng hồ và lấy dấu (-) trong trường hợp ngược lại (Hình 1-6 a).



Hình 1-6

*** Mômen của một lực đối với một trục (Hình 1-7)**

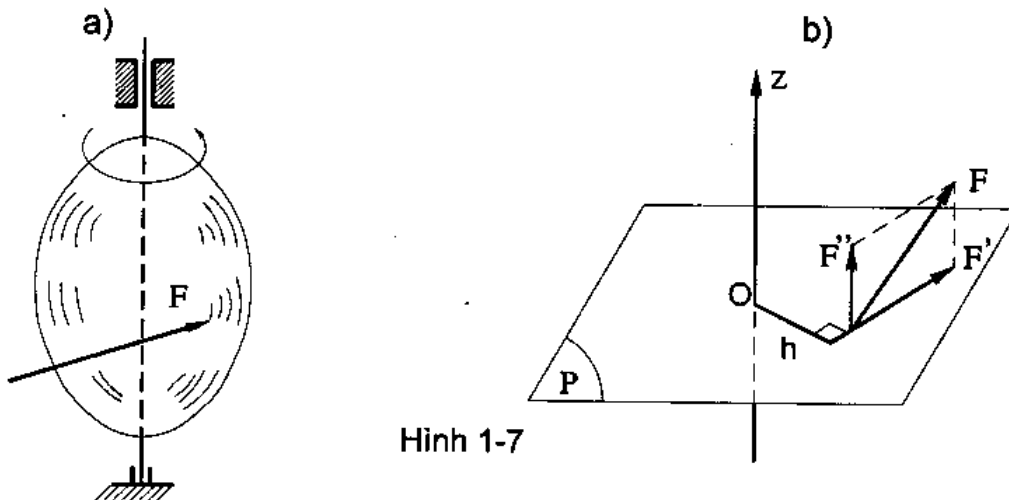
Mô men của lực $\vec{F}$ đối với trục z là một vectơ, ký hiệu là $\vec{m}_z(\vec{F})$ là mômen đại số của lực $\vec{F}$ đối với giao điểm O , O là giao điểm của mặt phẳng chứa $\vec{F}$, $\vec{F}' = hc\vec{F}/(P)$.

$$\vec{m}_z(\vec{F}) = \pm F'h \quad (1-2)$$

$\vec{m}_z(\vec{F})$ hướng lên nếu nhìn từ chiều dương của trục z xuống thấy $\vec{F}$ quay quanh O theo chiều ngược kim đồng hồ và ngược lại.

Mômen của lực $\vec{F}$ đối với trục z bằng 0 trong các trường hợp sau :

- * Lực $\vec{F}$ song song với trục z .
- * Đường tác dụng của lực $\vec{F}$ cắt trục z .



Hình 1-7

f) Ngẫu lực

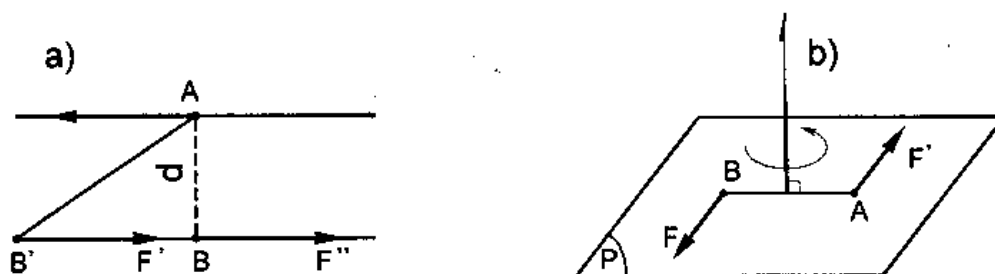
* **Định nghĩa :** Ngẫu lực là một hệ gồm có hai lực song song, ngược chiều nhau và cùng cường độ, kí hiệu $(\vec{F}, \vec{F}')$ (Hình 1-8a)

Về phương diện cơ học, ngẫu lực là đại lượng độc lập đối với lực, nó không thể rút gọn hay thay thế bởi một lực; nó có tác dụng làm quay vật thể.

* **Các yếu tố của ngẫu lực :**

- + Mặt phẳng chứa hai lực gọi là mặt phẳng tác dụng của ngẫu lực (P)
- + Chiều quay của ngẫu lực là chiều thuận theo chiều mũi tên của ngẫu lực, nó biểu thị xu hướng quay của vật khi chịu tác dụng của ngẫu lực.
- + Cường độ của ngẫu lực được đo bằng đại lượng : $m = F \cdot d$

Với d là khoảng cách giữa 2 lực, còn gọi là cánh tay đòn của ngẫu lực. Nó biểu thị mức độ tác động làm quay vật của ngẫu lực.



Hình 1-8

Để mô tả 3 đặc tính trên của ngẫu lực, người ta đưa ra khái niệm véc tơ mômen của ngẫu lực (Hình 1.8 b).

Định nghĩa: Véc tơ mômen của ngẫu lực là một véc tơ tự do $\vec{m}$ có :

- + Phương vuông góc với mặt phẳng chứa ngẫu lực.
- + Chiều : nhìn từ ngọn xuống thấy chiều quay ngẫu lực ngược chiều quay kim đồng hồ .
- + Mô đun của véc tơ mômen ngẫu lực bằng mômen ngẫu lực
- Chú ý : Nếu các ngẫu lực cùng nằm trong một mặt phẳng thì mômen của ngẫu lực chỉ cần tính như lượng đại số :

$$\vec{m} = \pm Fd \quad (1-3)$$

Lấy dấu (+) khi chiều quay ngẫu lực ngược chiều quay kim đồng hồ và dấu (-) trong trường hợp ngược lại .

*** Tính chất tương đương của ngẫu lực**

Định lý 1 : Hai ngẫu lực có cùng mặt phẳng tác dụng, cùng chiều quay và cùng trị số mô men thì tương đương với nhau

Hệ quả của định lý :

- + Tác dụng của ngẫu lực không thay đổi khi ta thay đổi vị trí của ngẫu lực trong mặt phẳng tác dụng của nó.
- + Tác dụng của ngẫu lực sẽ không thay đổi khi ta thay đổi tùy ý cường độ của lực và cánh tay đòn nhưng vẫn giữ nguyên mô men.

Định lý 2 : Tác dụng của ngẫu lực lên vật rắn sẽ không thay đổi khi ta dời ngẫu lực lên mặt phẳng song song với mặt phẳng tác dụng của nó.

*** Hợp hệ ngẫu lực :** Hệ ngẫu lực bất kỳ trong không gian tương đương với một ngẫu lực có véc tơ mô men $\vec{M}$ bằng tổng hình học các véc tơ mômen của tất cả các ngẫu lực thành phần :

$$\vec{M} = \sum \vec{m}_k \quad (1-4)$$

Nếu hệ ngẫu lực cùng nằm trong mặt phẳng thì cũng tương đương với một ngẫu lực có mômen bằng tổng đại số mômen của tất cả các ngẫu lực thành phần.

$$\vec{M} = \sum \vec{m}_k \quad (1-5)$$

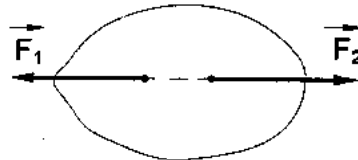
1.2. Hệ tiên đề tĩnh học

1.2.1. Tiên đề 1 (Về hai lực cân bằng)

Điều kiện cần và đủ để vật rắn cân bằng dưới tác dụng của hai lực là hai lực đó có cùng đường tác dụng, ngược chiều nhau và cùng cường độ (Hình 1-9).

Ký hiệu : $(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = 0$

Hình 1-9



1.2.2. Tiên đề 2 (Về sự tương đương của các hệ lực)

Tác dụng của hệ lực không thay đổi khi ta thêm vào hoặc bớt đi một hệ lực cân bằng.

Hệ quả : Tác dụng của lực không thay đổi khi di chuyển điểm đặt lực trên đường tác dụng của nó.

Giả sử có lực $\vec{F}$ đặt lên vật rắn tại điểm A (Hình 1-10).

Trên đường tác dụng của $\vec{F}$,

tại điểm B, nếu ta đặt hai lực $(\vec{F}', \vec{F}'')$ cân bằng nhau có phương và trị số giống như $\vec{F}$; thì theo tiên đề 2: $\vec{F} \equiv (\vec{F}', \vec{F}'')$

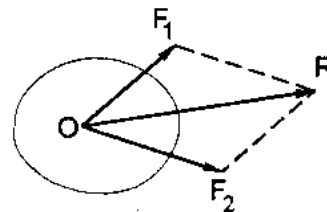
Nhưng theo tiên đề 1 ta cũng có $\vec{F}, \vec{F}''$ cân bằng do đó ta có thể lấy bớt đi, và như vậy :

$$\vec{F} \equiv \vec{F}'$$

Lực $\vec{F}'$ chẳng qua là do lực $\vec{F}$ trượt tới B. Chứng minh xong

1.2.3. Tiên đề 3 (Quy tắc hình bình hành)

Hợp lực của hai lực đặt vào vật rắn có cùng điểm đặt là một lực đặt tại điểm đó và xác định bằng đường chéo hình bình hành lập nên từ các lực đó (Hình 1-11). $\vec{R} \equiv (\vec{F}_1, \vec{F}_2)$



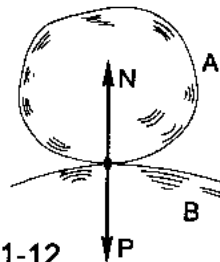
Hình 1-11

1.2.4. Tiên đề 4 (Tác dụng tương hỗ)

Hai vật tác dụng lên nhau những lực có cùng đường tác dụng, bằng nhau về trị số và ngược chiều nhau (Hình 1-12)

Về vector : $\vec{P} = -\vec{N}$; về trị số : $P = N$

Hai lực này không cân bằng nhau vì chúng đặt lên hai vật rắn khác nhau



Hình 1-12

1.2.5. Tiên đề 5 (Hoá rắn)

Một vật biến dạng ở trạng thái cân bằng dưới tác dụng của một hệ lực thì khi hóa rắn, vật đó vẫn cân bằng.

Những điều kiện cân bằng của vật rắn

cũng là những điều kiện cân (nhưng không đủ)

của vật biến dạng cân bằng. Giả sử lò xo cân bằng, khi đó lò xo ở trạng thái nén hoặc kéo và hệ lực tác dụng lên lò xo ở trạng thái cân bằng đều thoả mãn tiên đề 1 như vật rắn cân bằng (Hình 1-13).

Tuy nhiên nếu tác dụng lên lò xo này hai lực cân bằng ở trạng thái kéo thì lò xo sẽ không cân bằng được mà sẽ bị giãn ra trong khi đó vật tuyệt đối rắn vẫn cân bằng dưới tác dụng của hai lực cân bằng như vậy.

**1.2.6. Tiên đề 6 (Giải phóng liên kết)**

Vật không tự do (vật chịu liên kết) có thể xem là vật tự do khi thay tác dụng của các liên kết bằng các phản lực liên kết tương ứng.

Tiên đề 6 cho phép ta đưa bài toán cân bằng của vật không tự do về bài toán cân bằng của vật tự do dưới tác dụng của các lực hoạt động và phản lực liên kết.

1.3. Liên kết và phản lực liên kết**1.3.1. Khái niệm****a) Liên kết và phản lực liên kết**

Thông thường, các vật rắn khảo sát đều ở trạng thái không tự do (chịu liên kết), nghĩa là chuyển động của nó có một hoặc vài phương nào đó bị cản trở.

– Những điều kiện cản trở chuyển động tự do của vật gọi là liên kết. Khi ta xét sự cân bằng của một vật nào đó thì vật ấy được gọi là vật khảo sát. Còn các vật khác liên kết với vật ấy thì được gọi là vật gây liên kết, ví dụ: quyển sách đặt trên mặt bàn thì quyển sách là vật khảo sát, mặt bàn là vật gây liên kết.

– Tại liên kết xuất hiện lực tác dụng tương hỗ. Lực do vật khảo sát tác dụng lên vật gây liên kết gọi là áp lực (trọng lượng $\vec{P}$), còn lực do vật gây liên kết tác dụng lên vật khảo sát gọi là phản lực liên kết ($\vec{N}$) (Hình 1-14).

Hình 1-14

